第9卷第2期
2006年4月

管理科学学报
JOURNAL OF MANAGEMENT SCIENCES IN CHINA

Vol.9 No.2
Apr. 2006

# 具备提供服务的供应链博弈分析①

许明辉[1]，于　刚[2]，张汉勤[3]

（1.武汉大学数学与统计学院，武汉 430072；
2.德州大学奥斯汀分校管理科学与信息系统系，奥斯汀 78712，美国；
3.中国科学院数学与系统科学研究院应用数学研究所，北京 100080）

**摘要：**考虑在只包含一个供应商和一个零售商的供应链中，用提供给顾客的服务来提升实际需求，以提高供应链的局部或整体效益.但是服务的提供或者由其中一个成员提供，或者由他们共同提供.基于服务提供者的不同，分别研究了在Stackelberg和Nash博弈中供应商和零售商的决策.研究表明，当供应链中有提供给顾客的服务时，在Stackelberg博弈下，供销双方都能从中得到更多的利润；但是在Nash博弈下，服务提供方只有在一定的条件下才能从中受益.当只有一个成员提供服务时，文中给出了一个成员愿意由自己提供服务或愿意让对方提供的条件.得到了两个主要结果：在Stackelberg博弈中，由供应商和零售商共同提供服务对他们来说都是最好的选择；在Nash博弈中，并没有类似的结果，在某些条件下零售商更愿意作Stackelberg跟从者.

**关键词：**供应链管理；Stackelberg/Nash博弈；服务提供；供应商/零售商

**中图分类号：**F224.3　　**文献标识码：**A　　**文章编号：**1007－9807(2006)02－0018－10

## 0 引　言

本文考虑由一个供应商和一个零售商组成的供应链，用提供给客户的服务来提升实际需求，以便提高供应链的局部或整体效益.一般而言，这样的服务包括产品的安装使用信息、维护、保修、售后支持、在店服务、定期更新和其他的能增加顾客觉知产品价值的服务等.但是服务的提供者可能不同，或由供应商提供，或由零售商提供，或由他们共同提供.因为零售商直接面对的是顾客，在实际中有很多由他们提供服务给顾客的实例，例如许多的汽车工业、Wal-Mart等；另外也有许多服务由供应商提供的情形，因为也许某些服务只有供应商才有能力提供，如惠普、戴尔、软件业等；其实在实际中还有很多供应商和零售商共同提供服务的例子，如家电厂家提供使用说明、免费维修服务等，而经营家电的商家提供广告宣传、免费送货等服务，在其他行业中也不乏这样的例子.在市场经济中，服务对供应商和零售商而言都是一个重要的促进销售的因素，供应链的性能不仅受价格因素的影响，还受到服务水平的影响.凭直觉看，在市场中，零售价格越高，实际需求越低；而提供给顾客的服务水平越高，实际需求越高.因为服务能增加实际的需求，所以扣除提供服务成本仍有可能增加整个供应链的利润.本文中的模型假设需求是关于零售价和提供的服务水平的线性函数.

本文研究的供应链中没有竞争，主要考虑供应商和零售商在不同的条件下对服务提供的选择，以及零售商在供应链中的权威(power)对供应链结构选择的影响.文中分别分析了当供应商作为Stackelberg主导者时的决策和当两个成员的权威大小差不多时进行Nash博弈的决策.研究表

① 收稿日期：2004－12－06；修订日期：2005－07－13.
基金项目：国家自然科学基金资助项目(79925003).
作者简介：许明辉(1975—)，男，河南人，博士.

明，当提供服务给顾客时，在 Stackelberg 博弈下供应商和零售商都能从中得到更多的利润；但在 Nash 博弈下，服务提供方只有在一定的条件下才能从中受益. 当进行 Stackelberg 博弈时，只要能够提供服务，供应商和零售商将选择同时提供服务给顾客. 但是，当进行 Nash 博弈时，如果零售商单独提供服务或两个成员都提供服务，尽管供应商因其相对权威没有在 Stackelberg 博弈时那么大而获得相对少的利润，零售商却并不能总获得比在 Stackelberg 博弈中更多的利润. 因此，在一定的条件下，放弃自己在供应链中的权威对零售商而言是比较好的选择.

本文与带有提供服务的供应链和供应链渠道结构分析以及供应链中各成员相对权威大小方面的研究有关. 如文献[1～3]研究了带有提供服务的供应链，供应链中包含有一个制造商和两个零售商，两个零售商不但有价格的竞争还有服务的竞争. 文献[4]研究了如何在不对称信息的条件下对带有服务性能要求的配送渠道进行有效管理. 文献[5]研究了一个制造商和一个零售商在合作广告模型中的博弈分析，得出了 Stackelberg 和 Nash 均衡解. 但是，这些研究都没有涉及服务由供应商和零售商共同来提供的情形及零售商的权威对供应链结构选择的影响. 本文考虑由一个供应商和一个零售商构成的供应链，其中有提供给顾客的服务而没有竞争. 服务可以由供应链中的不同成员来提供，也可以由他们共同来提供，提供服务的目的是为了增加实际需求，从而增加供应链成员的利润.

关于供应链渠道结构，文献[6]研究了具有两个供应商和一个共同零售商的供应链，零售商销售这两个供应商的可替代性产品到市场上. 它考虑了各方的相对权威性，根据零售商的相对权威性，他可以作为 Stacklberg 主导者或跟从者，否则他们之间将会有 Nash 博弈. 文献[7]分析了一个供应商如何通过数量折扣的方法来协调一个垄断的零售商的决策. 文献[8]研究了由两个供应商和两个零售商构成的供应链，两个供应商生产具有可替代性的产品，分别通过这两个零售商销售到市场上，零售商只在价格上进行竞争. 而这两个零售商可能是独立的，也可能是从属于供应商. 文献[9]的研究表明，价格主导关系依赖于供应链成员之间的垂直战略互动的本质. 这些研究都没有涉及当有服务提供时，供应链成员在不同条件下对不同的供应链结构的选择，以及零售商的权威性对服务提供选择的影响. 本文基于服务提供者的不同研究三种情况下的最优决策. 根据零售商在供应链中的权威性，可以进行 Stackelberg 博弈和 Nash 博弈. 研究表明，对零售商而言，有时候更大的权威可能并不能使他获得更多的收益，在一定条件下，放弃其权威性会是比较好的选择.

## 1　基本模型和供应链结构

### 1.1　基本模型

考虑一个供应商和一个零售商构成的供应链. 供应商制造一种商品并以一定的批发价卖给零售商，零售商再把该商品以一定的零售价卖到市场上；同时供应商和(或)零售商向顾客提供服务，以增加顾客购买该商品的积极性. 在供应链中，有两种因素影响实际需求：零售价和服务水平. 零售价一般来说是由零售商来确定，而服务可由供应商来提供，也可由零售商来提供，或者他们都向顾客提供某种程度的服务，因此在做决策时有必要考虑所有可能的情形. 假设实际需求与零售价格和供应商及零售商的服务水平的关系为

$$D(p, S_M, S_R) = \overline{D} - kp + \theta_M S_M + \theta_R S_R \quad (1)$$

这里 $\overline{D}$ 为市场规模，它描述的是当零售价为零且没有服务提供时的需求. $p$ 是零售价，$S_M(S_R)$ 是供应商(零售商) 所提供给顾客的服务水平. $k$ 为价格敏感系数，它表示在保持服务水平不变的条件下当零售价减少(增加) 一个单位时需求的增加(减少) 量. $\theta_M$ 为供应商所提供服务的敏感系数，它表示在零售价及零售商的服务水平保持不变的条件下，供应商的服务水平增加(减少) 一个单位时需求的增加(减少) 量. $\theta_R$ 为零售商所提供服务的敏感系数，与 $\theta_M$ 有相同的物理意义. 当 $k \geqslant \theta_M(\theta_R)$ 时，模型描述的市场里顾客对价格比对供应商(零售商) 提供的服务更敏感；当 $k < \theta_M(\theta_R)$ 时，意义则相反. 这里，由于供应商提供的服务在提升实际需求上和由零售商提供的服务可能不同，因此对它们进行了区分，用 $S_M$ 和 $S_R$ 分别表示供应商和零售商的服务水平及用 $\theta_M$ 和 $\theta_R$ 相

应地分别表示他们的服务敏感系数.

当只有供应商提供服务,即 $\theta_R = 0$ 时,需求函数成为

$$D(p, S_M) = \overline{D} - kp + \theta_M S_M \tag{2}$$

而当只有零售商提供服务,即 $\theta_M = 0$ 时,需求函数成为

$$D(p, S_R) = \overline{D} - kp + \theta_R S_R \tag{3}$$

假设提供服务的成本是服务水平的递增的严格凸函数,不妨设它具有二次形式 $C(S) = \eta S^2/2$,其中,$\eta$ 是与服务提供者相关的系数.这种二次形式的费用函数在以前的研究中使用得相当普遍,它不但使得问题可解还同时保持了模型的本质,即提供服务的边际成本随服务水平的增加而增加,并且服务水平越高增加得越快(详见文献[1,3,4,11]).

### 1.2 提供服务的不同情形

下面针对服务由谁来提供的每一种情况,确定其最优的服务水平.事实上,对于给定的服务水平 $S$,如果由供应商提供服务,其成本可能会和由零售商提供时的成本不同,这是因为他们在供应链中有不同的优势.假设 $aS^2/2$ 是供应商提供服务时的服务成本,$bS^2/2$ 是零售商提供服务时的成本,参数 $a$ 和 $b$ 分别表示供应商和零售商提供给顾客服务时的服务成本.

为使下面的分析有意义,作如下假设(假设1、假设2和假设3).这些假设体现了服务对需求的提升作用受制于价格敏感性和服务的投入成本,同时还保证了其最优决策的存在性.在确定的价格敏感性下,单位服务的投入成本越高,服务的提升作用可能会越大.

**假设1** $\theta_M^2 < 4ak, \theta_R^2 < 2bk$.

**假设2** $4abk - 2a\theta_R^2 - b\theta_M^2 > 0$.

**情形1** 仅由供应商提供服务

既然服务完全由供应商来提供,他能够确定提供给顾客的服务水平.假设 $w$ 是供应商的单位批发价,$c$ 是该产品的单位生产成本,于是供应商的利润函数为

$$\pi_M^1(w, S_M) = (w - c)(\overline{D} - kp + \theta_M S_M) - aS_M^2/2 \tag{4}$$

零售商的利润函数是

$$\pi_R^1(p) = (p - w)(\overline{D} - kp + \theta_M S_M) \tag{5}$$

**情形2** 仅由零售商提供服务

此情形下,零售商决定提供给顾客的服务水平.于是,供应商的利润函数为

$$\pi_M^2(w) = (w - c)(\overline{D} - kp + \theta_R S_R) \tag{6}$$

零售商的利润函数为

$$\pi_R^2(p, S_R) = (p - w)(\overline{D} - kp + \theta_R S_R) - bS_R^2/2 \tag{7}$$

**情形3** 供应商和零售商都提供服务,他们分别确定自己的服务水平.此时,供应商的利润函数为

$$\pi_M^3(w, S_M) = (w - c)(\overline{D} - kp + \theta_M S_M + \theta_R S_R) - aS_M^2/2 \tag{8}$$

零售商的利润函数为

$$\pi_R^3(p, S_R) = (p - w)(\overline{D} - kp + \theta_M S_M + \theta_R S_R) - bS_R^2/2 \tag{9}$$

## 2 Stackelberg 博弈下的决策

现在考虑供应商作为 Stackelberg 博弈的主导者,零售商为跟从者时的情形.

### 2.1 仅由供应商提供服务的情形

在这种情形下,只有供应商提供服务给顾客.首先供应商宣布批发价策略和相应的服务水平,然后基于供应商的批发价和服务水平,零售商设定自己的最优零售价(和最优订货量),最后供应商再结合零售商的最优决策设定自己的最优批发价和服务水平.

由零售商利润函数的一阶条件($\pi_R^1(p)$ 关于 $p$ 的导数等于0)解得 $p^1 = \dfrac{\overline{D} + kw + \theta_M S_M}{2k}$,将其代入式(4)中,供应商的利润函数变为

$$\pi_M^1(w, S_M) = \frac{1}{2}[(w - c)(\overline{D} - kw + \theta_M S_M) - aS_M^2]$$

由此函数关于 $w$ 和 $S_M$ 的一阶条件,得到最优批发价格和最优服务水平为

$$w^{1*} = \frac{2a(\overline{D} + ck) - c\theta_M^2}{4ak - \theta_M^2}$$

$$S_M^{1*} = \frac{\theta_M(\overline{D} - ck)}{4ak - \theta_M^2}$$

因此,最优零售价格,实际需求,以及供应商和零售商的利润分别为

$$p^{1*}=\frac{3a\overline{D}+ack-c\theta_{M}^{2}}{4ak-\theta_{M}^{2}}$$

$$Q^{1*}=\frac{ak(\overline{D}-ck)}{4ak-\theta_{M}^{2}}$$

$$\pi_{M}^{1*}=\frac{a(\overline{D}-ck)^{2}}{2(4ak-\theta_{M}^{2})}$$

$$\pi_{R}^{1*}=\frac{a^{2}k(\overline{D}-ck)^{2}}{(4ak-\theta_{M}^{2})^{2}}$$

### 2.2 仅由零售商提供服务的情形

这种情况下，只有零售商提供服务，而供应商只确定自己的批发价. 由零售商的利润函数 $\pi_{R}^{2}(p,S_{R})$ 关于 $p$ 和 $S_{R}$ 一阶条件，得到在批发价给定时的最优零售价格和服务水平分别为 $p^{2}=\frac{b(\overline{D}+wk)-w\theta_{R}^{2}}{2bk-\theta_{R}^{2}}$ 和 $S_{R}^{2}=\frac{\theta_{R}(\overline{D}-wk)}{2bk-\theta_{R}^{2}}$. 将 $p^{2}$ 和 $S_{R}^{2}$ 代入到供应商的利润函数中可得

$$\pi_{M}^{2}(w)=\frac{bk}{2bk-\theta_{R}^{2}}(w-c)(\overline{D}-wk)$$

由 $\pi_{M}^{2}(w)$ 关于 $w$ 的一阶条件得到最优的批发价为

$$w^{2*}=\frac{\overline{D}+ck}{2k}$$

因此，最优零售价，最优服务水平，最优定购数量，以及供应商和零售商的最优利润分别为

$$p^{2*}=\frac{bk(3\overline{D}+ck)-\theta_{R}^{2}(\overline{D}+ck)}{2k(2bk-\theta_{R}^{2})}$$

$$S_{R}^{2*}=\frac{\theta_{R}(\overline{D}-ck)}{2(2bk-\theta_{R}^{2})}$$

$$Q^{2*}=\frac{bk(\overline{D}-ck)}{2(2bk-\theta_{R}^{2})}$$

$$\pi_{M}^{2*}=\frac{b(\overline{D}-ck)^{2}}{4(2bk-\theta_{R}^{2})}$$

$$\pi_{R}^{2*}=\frac{b(\overline{D}-ck)^{2}}{8(2bk-\theta_{R}^{2})}$$

**注记 1**　仅由供应商提供服务或仅由零售商提供服务时，最优服务水平 $S_{M}^{1*}$ 和 $S_{R}^{2*}$ 都与市场规模 $\overline{D}$ 正线性相关. 就是说，当市场规模增加时，相应的最优服务水平也增加. 进一步，最优批发价，零售价和定购数量也都随市场规模的增加而增加.

**注记 2**　仅由供应链中的一个成员提供服务时，最优服务水平随着服务费用参量 $a(b)$ 的增加而减少，而随着敏感系数 $\theta_{M}(\theta_{R})$ 的增加而增加. 这就是说，当提供服务的成本比较高时，相应的最优服务水平将相对较低；如果顾客对服务的提供比较敏感，相应的最优服务水平将比较高.

**注记 3**　注意到在只有零售商提供服务时，供应商的最优批发价独立于服务敏感系数，它等于当整个供应链中没有服务提供时的最优批发价. 出现这种现象说明，零售商提供服务不会对供应商产生额外的费用，保持原来的最优策略此时仍然是最优的.

**命题 1**　在进行 Stackelberg 博弈时，无论是由谁给顾客提供服务，供应商和零售商的利润都大于没有服务提供时的情形，意即 $\pi_{M}^{0*}<\{\pi_{M}^{1*},\pi_{M}^{2*}\}$，$\pi_{R}^{0*}<\{\pi_{R}^{1*},\pi_{R}^{2*}\}$. 换句话说，提供服务对供应商和零售商都有益. 这里 $\pi_{M}^{0*}$ 和 $\pi_{R}^{0*}$ 分别是当供应链中没有提供服务时如果进行 Stackelberg 博弈供应商和零售商的最优利润.

**证明**　当供应链中没有提供服务时，需求函数是 $d=\overline{D}-kp$. 如果供应商占有绝对权威，最优零售价，最优批发价和最优定购数量分别是 $p^{0*}=\frac{3\overline{D}+ck}{4k}$，$w^{0*}=\frac{\overline{D}+ck}{2k}$，$Q^{0*}=\frac{\overline{D}-ck}{4}$. 相应地，他们的最优利润分别是 $\pi_{M}^{0*}=\frac{(\overline{D}-ck)^{2}}{8k}$，$\pi_{R}^{0*}=\frac{(\overline{D}-ck)^{2}}{16k}$. 于是，有 $\pi_{M}^{1*}-\pi_{M}^{0*}=\frac{a(\overline{D}-ck)^{2}}{2(4ak-\theta_{M}^{2})}-\frac{(\overline{D}-ck)^{2}}{8k}=\frac{\theta_{M}^{2}(\overline{D}-ck)^{2}}{8k(4ak-\theta_{M}^{2})}>0$. 类似地，可得 $\pi_{M}^{2*}-\pi_{M}^{0*}>0$，$\pi_{R}^{1*}-\pi_{R}^{0*}>0$ 和 $\pi_{R}^{2*}-\pi_{R}^{0*}>0$. 因此，此命题成立.

**命题 2**　当供应商提供服务时，零售商能从服务提供中受益更多；当零售商提供服务时，供应商能从服务提供中受益更多，意即

$$\pi_{M}^{1*}-\pi_{M}^{0*}<\pi_{R}^{1*}-\pi_{R}^{0*}$$

$$\pi_{R}^{2*}-\pi_{R}^{0*}<\pi_{M}^{2*}-\pi_{M}^{0*}$$

**证明**　由命题 1 的证明过程中可以得出命题 2 的结果.

**命题3**　比较供应商和零售商在前两种情形下的利润，可以发现(i) 对供应商而言，当 $a\leqslant\frac{b\theta_{M}^{2}}{2\theta_{R}^{2}}$ 时，$\pi_{M}^{1*}\geqslant\pi_{M}^{2*}$；当 $a>\frac{b\theta_{M}^{2}}{2\theta_{R}^{2}}$ 时，$\pi_{M}^{1*}<\pi_{M}^{2*}$. (ii) 对零售商而言，当 $[2bk\theta_{M}^{2}-\theta_{M}^{2}\sqrt{2bk(2bk-\theta_{R}^{2})}]/(4k\theta_{R}^{2})\leqslant a\leqslant[2bk\theta_{M}^{2}+\theta_{M}^{2}\sqrt{2bk(2bk-\theta_{R}^{2})}]/(4k\theta_{R}^{2})$ 时，$\pi_{R}^{1*}\geqslant$

$\pi_R^{2*}$;当 $a > [2bk\theta_M^2 + \theta_M^2\sqrt{2bk(2bk-\theta_R^2)}]/(4k\theta_R^2)$ 或 $a < [2bk\theta_M^2 - \theta_M^2\sqrt{2bk(2bk-\theta_R^2)}]/(4k\theta_R^2)$ 时,$\pi_R^{1*} < \pi_R^{2*}$.

**证明** 在假设1的条件下,$\pi_M^{1*} - \pi_M^{2*} = \frac{(b\theta_M^2 - 2a\theta_R^2)(\overline{D}-ck)^*}{4(4ak-\theta_M^2)(2bk-\theta_R^2)} \geqslant 0$ 等价于 $a \leqslant \frac{b\theta_M^2}{2\theta_R^2}$;$\pi_R^{1*} - \pi_R^{2*} = \frac{(-8a^2k\theta_R^2 + 8abk\theta_M^2 - b\theta_M^4)(\overline{D}-ck)^2}{8(2bk-\theta_R^2)(4ak-\theta_M^2)^2} \geqslant 0$,等价于 $-8a^2k\theta_R^2 + 8abk\theta_M^2 - b\theta_M^4 \geqslant 0$,它又等价于 $[2bk\theta_M^2 + \theta_M^2\sqrt{2bk(2bk-\theta_R^2)}]/(4k\theta_R^2) \leqslant a \leqslant [2bk\theta_M^2 + \theta_M^2\sqrt{2bk(2bk-\theta_R^2)}]/(4k\theta_R^2)$.

如果只能由一个成员来提供服务,因供应商是Stackelberg主导者,当 $\pi_M^1 \geqslant \pi_M^2$(即 $a \leqslant b\theta_M^2/(2\theta_R^2)$)时,供应商将由他自己来提供服务.当 $a > [2bk\theta_M^2 + \theta_M^2\sqrt{2bk(2bk-\theta_R^2)}]/(4k\theta_R^2)$ 时,$\pi_M^1 < \pi_M^2$,$\pi_R^1 < \pi_R^2$,因此两个成员都能获得更多的利润,都愿意让零售商来提供服务.类似地,当 $b\theta_M^2/(2\theta_R^2) \geqslant a \geqslant [2bk\theta_M^2 - \theta_M^2\sqrt{2bk(2bk-\theta_R^2)}]/(4k\theta_R^2)$ 时,$\pi_M^1 \geqslant \pi_M^2$,$\pi_R^1 \geqslant \pi_R^2$,如果供应商提供服务,两个成员都能获得更多的利润.当 $[2bk\theta_M^2 + \theta_M^2\sqrt{2bk(2bk-\theta_R^2)}]/(4k\theta_R^2) \geqslant a \geqslant b\theta_M^2/(2\theta_R^2)$ 时,$\pi_M^1 \leqslant \pi_M^2$,$\pi_R^1 \geqslant \pi_R^2$,每个成员都更愿意让对方来提供服务.当 $a < [2bk\theta_M^2 - \theta_M^2 \times \sqrt{2bk(2bk-\theta_R^2)}]/(4k\theta_R^2)$ 时,$\pi_M^1 > \pi_M^2$,$\pi_R^1 < \pi_R^2$,供应链中的每个成员都更愿意自己提供服务,这是因为自己的服务成本相对较低而服务对实际需求的提升作用相对较大.由此,当只能由一个成员提供服务时,根据供应链系统的参数关系,供应链的成员将选择相应的提供服务的方式,以提高供应链的性能.

### 2.3 供应商和零售商都提供服务时的情形

在这种情形下,供应商和零售商都提供服务.注意到在假设 $2bk > \theta_R^2$ 的条件下,$\pi_R^3(p, S_R)$ 是关于 $p$ 和 $S_R$ 的联合凹函数.由 $\pi_R^3(p, S_R)$ 关于 $p$ 和 $S_R$ 的一阶条件可得 $p^3(w, S_M) = \frac{b(\overline{D} + kw + \theta_M S_M) - \theta_R^2 w}{2bk - \theta_R^2}$,$S_R^3(w, S_M) = \frac{\theta_R(\overline{D} - kw + \theta_M S_M)}{2bk - \theta_R^2}$.将 $p^3(w, S_M)$ 和 $S_R^3(w, S_M)$ 代回到供应商的目标函数中,得到供应商的利润函数为

$$\pi_M^3(w, S_M) = \frac{bk(w-c)(\overline{D} - kw + \theta_M S_M)}{2bk - \theta_R^2} - \frac{aS_M^2}{2}$$

在假设2的条件下,利润函数 $\pi_M^3(w, S_M)$ 是关于 $w$ 和 $S_M$ 的联合凹函数.于是,由 $\pi_M^3(w, S_M)$ 关于 $w$ 和 $S_M$ 一阶条件可得到最优批发价和供应商的最优服务水平

$$w^{3*} = \frac{a(2bk-\theta_R^2)\overline{D} + [a(2bk-\theta_R^2) - b\theta_M^2]kc}{k[2a(2bk-\theta_R^2) - b\theta_M^2]}$$

$$S_M^{3*} = \frac{b\theta_M(\overline{D} - kc)}{2a(2bk-\theta_R^2) - b\theta_M^2}$$

从而,零售商的最优决策是

$$S_R^{3*} = \frac{a\theta_R(\overline{D} - kc)}{2a(2bk-\theta_R^2) - b\theta_M^2}$$

$$p^{3*} = \frac{a(3bk-\theta_R^2)\overline{D} + (abk - a\theta_R^2 - b\theta_M^2)kc}{k[2a(2bk-\theta_R^2) - b\theta_M^2]}$$

$$Q^{3*} = \frac{abk(\overline{D} - ck)}{2a(2bk-\theta_R^2) - b\theta_M^2}$$

于是,供应商和零售商的最优利润分别是

$$\pi_M^{3*} = \frac{ab(\overline{D} - kc)^2}{2[2a(2bk-\theta_R^2) - b\theta_M^2]}$$

$$\pi_R^{3*} = \frac{a^2b(2bk-\theta_R^2)(\overline{D} - kc)^2}{2[2a(2bk-\theta_R^2) - b\theta_M^2]}$$

将此情形下供应商和零售商的利润,服务水平同前两种情形下他们的利润和服务水平(如果提供服务的话)分别相比较,有下面的结果.

**命题4** 1)$\pi_M^{3*} > \{\pi_M^{1*}, \pi_M^{2*}\}$ 和 $\pi_R^{3*} > \{\pi_R^{1*}, \pi_R^{2*}\}$.2)$S_M^{3*} > S_M^{1*}$ 和 $S_R^{3*} > S_R^{2*}$.

**证明** 1)$\pi_M^{3*} = \frac{ab(\overline{D} - kc)^2}{2[2a(2bk-\theta_R^2) - b\theta_M^2]} > \frac{ab(\overline{D} - ck)^2}{2(2a\cdot 2bk - b\theta_M^2)}$,因 $\frac{ab(\overline{D} - kc)^2}{2(2a\cdot 2bk - b\theta_M^2)} = \pi_M^{1*}$,故 $\pi_M^{3*} > \pi_M^{1*}$,$\pi_M^{3*} = \frac{ab(\overline{D} - kc)^2}{2[2a(2bk-\theta_R^2) - b\theta_M^2]} > \frac{ab(\overline{D} - ck)^2}{2(2a\cdot 2bk - \theta_R^2)}$,因 $\frac{ab(\overline{D} - kc)^2}{2[2a(2bk-\theta_R^2)]} = \frac{b(\overline{D} - kc)^2}{4(2bk-\theta_R^2)} = \pi_M^2$,故 $\pi_M^{3*} > \pi_M^{2*}$;类似可得 $\pi_R^{3*} > \{\pi_R^{1*}, \pi_R^{2*}\}$.

2)$S_M^{3*} = \frac{b\theta_M(\overline{D} - kc)\cdot}{2a(2bk-\theta_R^2) - b\theta_M^2} > \frac{b\theta_M(\overline{D} - ck)}{2a\cdot 2bk - b\theta_M^2}$,因 $\frac{b\theta_M(\overline{D} - kc)}{2a\cdot 2bk - b\theta_M^2} = \frac{\theta_M(\overline{D} - kc)}{4ak - \theta_M^2} = S_M^{1*}$,故 $S_M^{3*} > S_M^{1*}$;$S_R^{3*} = \frac{a\theta_R(\overline{D} - kc)}{2a(2bk-\theta_R^2) - b\theta_M^2} > \frac{a\theta R(\overline{D} - ck)}{2a\cdot 2bk - \theta_R^2}$,故 $S_R^{3*} >$

$S_R^{2*}$.

命题4说明，在假设1和2的条件下，由供应商和零售商一起提供服务将对他们都有好处.这在实际中是合理的.他们两个都有责任提供服务给顾客，因此都承担了提供服务的成本.都提供服务给顾客能增加实际需求，从而相应地增加批发价和零售价.因此，他们都将设定比当只有他们自己提供服务时高的服务水平.

**注记4** 从命题2，情形1和2将不会是供应链成员的平衡选择，因为都提供服务将给他们带来更多的利润.供应链中的任一个成员都有给顾客提供服务的动力，即使另一个成员已经提供服务了.例如，BestBuy和CompUSA公司除了其供应商的保修服务外，也提供更多的保修服务(见http://www.bestbuy.com/，http://www.compusa.com/).

**注记5** 以供应商作为Stackelberg主导者进行博弈在文献中最为常见，如本文引用的文献[1～5,8～11].特别地，当供应商占垄断的市场地位或求大于供的市场环境中更是如此.因此，本节主要讨论供应商作为Stackelberg主导者进行博弈的情形.而零售商作为主导者的情形并不常见，但也有(如见文献[12,13])，使用本文的方法，这种情形完全可类似地讨论.

## 3 Nash博弈下的决策

如果供应商和零售商在供应链中具有相同的权威性，他们之间将进行Nash博弈.在Nash博弈下，供应链中的每个成员在进行最优决策时都假定对方的决策已经是最优的了；换句话说，没有哪个成员能在对方采用平衡策略时采取单方面的行动以获得更多的利润.记零售商的零售边际利润(Retail Margin)为 $m$，$m = p - w$.对于给定的批发价 $w$ 和服务水平 $S_M(S_R)$，可以看出零售价格 $p$ 的最优性等价于零售边际利润 $m$ 的最优性.为便于表述，下面的分析中用最优化零售边际利润代替最优化零售价.

在仅由供应商提供服务的情形下，对供应商和零售商的利润函数，利用一阶条件得到唯一的Nash平衡解

$$\hat{w}^{1*} = \frac{a\overline{D} + (2ak - \theta_M^2)c}{3ak - \theta_M^2}$$

$$\hat{S}_M^{1*} = \frac{\theta_M(\overline{D} - ck)}{3ak - \theta_M^2}$$

$$\hat{m}^{1*} = \frac{a(\overline{D} - ck)}{3ak - \theta_M^2}$$

于是，相应的最优零售价和最优定购量为

$$\hat{p}^{1*} = \frac{a(2\overline{D} + ck) - c\theta_M^2}{3ak - \theta_M^2}$$

$$\hat{Q}^{1*} = \frac{ak(\overline{D} - ck)}{3ak - \theta_M^2}$$

在此情形下，供应商和零售商的最优利润分别为

$$\hat{\pi}_M^{1*} = \frac{a(2ak - \theta_M^2)(\overline{D} - ck)^2}{2(3ak - \theta_M^2)^2}$$

$$\hat{\pi}_R^{1*} = \frac{a^2k(\overline{D} - ck)^2}{(3ak - \theta_M^2)^2}$$

类似地，可得到在仅由零售商提供服务的情形下的Nash平衡解

$$\hat{w}^{2*} = \frac{b\overline{D} + (2bk - \theta_R^2)c}{3bk - \theta_R^2}$$

$$\hat{S}_R^{2*} = \frac{\theta_R(\overline{D} - kc)}{3bk - \theta_R^2}$$

$$\hat{m}^{2*} = \frac{b(\overline{D} - kc)}{3bk - \theta_R^2}$$

$$\hat{p}^{2*} = \frac{b(2\overline{D} + kc) - c\theta_R^2}{3bk - \theta_R^2}$$

$$\hat{Q}^{2*} = \frac{bk(\overline{D} - kc)}{3bk - \theta_R^2}$$

和他们的最优利润

$$\hat{\pi}_M^{2*} = \frac{b^2k(\overline{D} - kc)^2}{(3bk - \theta_R^2)^2}$$

$$\hat{\pi}_R^{2*} = \frac{b(2bk - Q_R^2)(\overline{D} - ck)^2}{2(3bk - \theta_R^2)^2}$$

**命题5** 当进行Nash博弈时，总有 $\hat{\pi}_M^{0*} < \hat{\pi}_M^{2*}$ 和 $\hat{\pi}_R^{0*} < \hat{\pi}_R^{1*}$.但是，$\hat{\pi}_M^{0*} \leqslant \hat{\pi}_M^{1*}$ 成立当且仅当 $3ak \geqslant 2\theta_M^2$；$\hat{\pi}_R^{0*} \leqslant \hat{\pi}_R^{2*}$，成立当且仅当 $3bk \geqslant 2\theta_R^2$.这里 $\hat{\pi}_M^{0*}$ 和 $\hat{\pi}_R^{0*}$ 分别是当供应链中没有服务提供而进行Nash博弈时供应商和零售商的最优利润.

**证明** 没有提供服务时的供应链中，价格需求关系是 $D(p) = \overline{D} - kp$.如果供应商和零售商进行Nash博弈，则最优批发价，最优零售边际利润，最优零售价和定购数量分别是 $\hat{w}^{0*} = \dfrac{\overline{D} + 2ck}{3k}$，$\hat{m}^{0*} =$

$\frac{\overline{D}-ck}{3k}$，$\hat{p}^{0*}=\frac{2\overline{D}+ck}{3k}$，$\hat{Q}^{0*}=\frac{\overline{D}-ck}{3}$. 供应商和零售商的最优利润都是 $\hat{\pi}_M^{0*}=\frac{(\overline{D}-ck)^2}{9k}$. 于是，$\hat{\pi}_M^{2*}=\frac{b^2k(\overline{D}-kc)^2}{(3bk-\theta_R^2)^2}$ 而 $\frac{b^2k(\overline{D}-kc)^2}{(3bk-\theta_R^2)^2}>\frac{(\overline{D}-ck)^2}{9k}$，故 $\hat{\pi}_M^{2*}>\hat{\pi}_M^{0*}$，类似地可得 $\hat{\pi}_R^{0*}<\hat{\pi}_R^{1*}$. $\hat{\pi}_M^{1*}\geqslant\hat{\pi}_M^{0*}$ 等价于 $\frac{a(2ak-\theta_M^2)}{2(3ak-\theta_M^2)^2}\geqslant\frac{1}{9k}$，进一步等价于 $9ak(2ak-\theta_M^2)\geqslant 2(3ak-\theta_M^2)^2$，也等价于 $3ak\geqslant\theta_M^2$；同样的方法可得 $\hat{\pi}_R^{0*}\leqslant\hat{\pi}_R^{2*}$ 成立当且仅当 $3bk\geqslant\theta_R^2$.

命题5说明，当进行Nash博弈时，如果只有一个成员提供服务，另一方总能获得比没有服务时更多的利润，但是服务提供方只有在一定条件下才能从服务提供中得到好处. 这种现象的出现可能由于提供服务引起的服务提供方收益的增加并不能弥补服务提供成本的投入，从而其利润反而减少. 这就使得服务提供者此时没有提供服务的动力.

**注记6** (i) 当进行Nash博弈时，在以上两种情形下的决策具有相似的结构，只是在于参量 $a$ 和 $b$ 以及服务敏感系数的不同. (ii) 和Stackelberg博弈类似，最优服务水平 $\hat{S}_M^{1*}$ 和 $\hat{S}_R^{2*}$ 都与市场规模正线性相关. 而且，随着提供服务的成本增加，相应的最优服务水平随之下降；同样地，随着服务敏感系数的增加，最优服务水平也将提高.

考虑供应商和零售商共同提供服务的情形. 类似于假设1和2，对Nash博弈给出下面的假设.

**假设3** $3abk-b\theta_M^2-a\theta_R^2>0$.

在假设3的条件下，由一阶条件得到最优的决策

$$\hat{w}^{3*}=\frac{ab\overline{D}+(2abk-b\theta_M^2-a\theta_R^2)c}{3abk-b\theta_M^2-a\theta_R^2}$$

$$\hat{m}^{3*}=\frac{ab(\overline{D}-kc)}{3abk-b\theta_M^2-a\theta_R^2}$$

$$\hat{S}_M^{3*}=\frac{b\theta_M(\overline{D}-kc)}{3abk-b\theta_M^2-a\theta_R^2}$$

$$\hat{S}_R^{3*}=\frac{a\theta_R(\overline{D}-kc)}{3abk-b\theta_M^2-a\theta_R^2}$$

$$\hat{p}^{3*}=\frac{2ab\overline{D}+(abk-b\theta_M^2-a\theta_R^2)c}{3abk-b\theta_M^2-a\theta_R^2}$$

$$\hat{Q}^{3*}=\frac{abk(\overline{D}-kc)}{3abk-b\theta_M^2-a\theta_R^2}$$

因此，在供应商和零售商都提供服务的情形下他们的最优利润分别为

$$\hat{\pi}_M^{3*}=\frac{ab^2(2ak-\theta_M^2)(\overline{D}-kc)^2}{2(3abk-b\theta_M^2-a\theta_R^2)^2}$$

$$\hat{\pi}_R^{3*}=\frac{a^2b(2bk-\theta_R^2)(\overline{D}-kc)^2}{2(3abk-b\theta_M^2-a\theta_R^2)^2}$$

**命题6** 当进行Nash博弈时，在每种情形下，供应商的单位利润(unit margin)等于零售商的单位利润，意即 $\hat{w}^{i*}-c=\hat{p}^{i*}-\hat{w}^{i*}$，$i=1,2,3$.

命题6的结论可通过简单的计算得到. 命题6说明，无论是由谁来提供服务，当进行Nash博弈时，最优的批发价是生产成本和最优零售价的算术平均. 这种现象的出现部分是由于供应商和零售商具有相同的权威，他们利润的差别仅在于提供服务的成本不同和顾客对他们的服务的敏感性不同.

## 4 比较、讨论及结束语

本节将比较三种情形下在Stackelberg博弈和Nash博弈中得到的一些结果. 为了更好地陈述，分别在表1和表2里列出这两种博弈框架下所得到的主要结果，然后对这些结果在不同的情形下进行比较. (其中 $\Pi_{SC}$ 为总的供应链利润.)

**命题7** (i) 表1中，第3列的所有项都大于第1和第2列中相应的项. (ii) 表2中除了利润项之外，第3列的所有项都大于第1和第2列中相应的项. 对于利润函数项，有

1) $\hat{\pi}_M^{3*}>\hat{\pi}_M^{1*}$ 和 $\hat{\pi}_R^{3*}>\hat{\pi}_R^{2*}$；

2) $\hat{\pi}_M^{3*}\geqslant\hat{\pi}_M^{2*}$ 当且仅当 $a\geqslant 2b^2k\theta_M^2/[(3bk-\theta_R^2)(bk+\theta_R^2)]$；

3) $\hat{\pi}_R^{3*}\geqslant\hat{\pi}_R^{1*}$ 当且仅当 $b\geqslant 2a^2k\theta_R^2/[(3ak-\theta_M^2)(ak+\theta_M^2)]$.

**证明** (i) 由表1中的值直接比较可得. (ii) 只就利润项进行说明.

(1) $\hat{\pi}_M^{3*}=\frac{ab^2(2ak-\theta_M^2)(\overline{D}-kc)^2}{2(3abk-b\theta_M^2-a\theta_R^2)^2}>\frac{ab^2(2ak-\theta_M^2)(\overline{D}-ck)^2}{2(3abk-b\theta_M^2)^2}$，故 $\hat{\pi}_M^{3*}>\hat{\pi}_M^{1*}$；$\hat{\pi}_R^{3*}=$

$\frac{a^2b(2bk-\theta_R^2)(\overline{D}-kc)^2}{2(3abk-b\theta_M^2-a\theta_R^2)^2} > \frac{a^2b(2bk-\theta_R^2)(\overline{D}-ck)^2}{2(3abk-a\theta_R^2)^2}$，故 $\hat{\pi}_R^{3*} > \hat{\pi}_R^{2*}$. (2) 由表2，$\hat{\pi}_M^{3*} \geqslant \hat{\pi}_M^{2*}$ 等价于 $a(2ak-\theta_M^2)(3bk-\theta_R^2)^2 \geqslant 2k(3abk-b\theta_M^2-a\theta_R^2)^2$，经过代数恒等变换，它还等价于 $a \geqslant 2b^2k\theta_M^2/[(3bk-\theta_R^2)(bk+\theta_R^2)]$. (3) 的结果由类似(2)的方法可得.

**表1　Stackelberg 博弈时的结果**

**Table 1 Results of Stackelberg game**

| | 仅由供应商提供服务的情形 | 仅由零售商提供服务的情形 | 供应商和零售商都提供服务的情形 |
|---|---|---|---|
| $w^*$ | $\frac{2a(\overline{D}+ck)-c\theta_M^2}{4ak-\theta_M^2}$ | $\frac{\overline{D}+ck}{2k}$ | $\frac{a(2bk-\theta_R^2)\overline{D}+[a(2bk-\theta_R^2)-b\theta_M^2]kc}{k[2a(2bk-\theta_R^2)-b\theta_M^2]}$ |
| $S_M^*$ | $\frac{\theta_M(\overline{D}-ck)}{4ak-\theta_M^2}$ | — | $\frac{b\theta_M(\overline{D}-kc)}{2a(2bk-\theta_R^2)-b\theta_M^2}$ |
| $S_R^*$ | — | $\frac{\theta_R(\overline{D}-ck)}{2(2bk-\theta_R^2)}$ | $\frac{a\theta_R(\overline{D}-kc)}{2a(2bk-\theta_R^2)-b\theta_M^2}$ |
| $p^*$ | $\frac{3a\overline{D}+ack-c\theta_M^2}{4ak-\theta_M^2}$ | $\frac{bk(3\overline{D}+ck)-(\overline{D}+ck)\theta_R^2}{2k(2bk-\theta_R^2)}$ | $\frac{a(3bk-\theta_R^2)\overline{D}+kc[abk-a\theta_R^2-b\theta_M^2]}{k[2a(2bk-\theta_R^2)-b\theta_M^2]}$ |
| $Q^*$ | $\frac{ak(\overline{D}-ck)}{4ak-\theta_M^2}$ | $\frac{bk(\overline{D}-ck)}{2(2bk-\theta_R^2)}$ | $\frac{abk(\overline{D}-kc)}{2a(2bk-\theta_R^2)-b\theta_M^2}$ |
| $\pi_M^*$ | $\frac{a(\overline{D}-ck)^2}{2(4ak-\theta_M^2)}$ | $\frac{b(\overline{D}-ck)^2}{4(2bk-\theta_R^2)}$ | $\frac{ab(\overline{D}-kc)^2}{2[2a(2bk-\theta_R^2)-b\theta_M^2]}$ |
| $\pi_R^*$ | $\frac{a^2k(\overline{D}-ck)^2}{(4ak-\theta_M^2)^2}$ | $\frac{b(\overline{D}-ck)^2}{8(2bk-\theta_R^2)}$ | $\frac{a^2b(2bk-\theta_R^2)(\overline{D}-kc)^2}{2[2a(2bk-\theta_R^2)-b\theta_M^2]^2}$ |
| $\Pi_{SC}^*$ | $\frac{a(6ak-\theta_M^2)(\overline{D}-ck)^2}{2(4ak-\theta_M^2)^2}$ | $\frac{3b(\overline{D}-ck)^2}{8(2bk-\theta_R^2)}$ | $\frac{ab[3a(2bk-\theta_R^2)-b\theta_M^2](\overline{D}-kc)^2}{2[2a(2bk-\theta_R^2)-b\theta_M^2]^2}$ |

**表2　Nash 博弈时的结果**

**Table 2 Results of Nash game**

| | 仅由供应商提供服务的情形 | 仅由零售商提供服务的情形 | 供应商和零售商都提供服务的情形 |
|---|---|---|---|
| $\hat{w}^*$ | $\frac{a\overline{D}+(2ak-\theta_M^2)c}{3ak-\theta_M^2}$ | $\frac{\overline{D}+(2bk-\theta_R^2)c}{3bk-\theta_R^2}$ | $\frac{ab\overline{D}+(2abk-b\theta_M^2-a\theta_R^2)c}{3abk-b\theta_M^2-a\theta_R^2}$ |
| $\hat{S}_M^*$ | $\frac{\theta_M(\overline{D}-ck)}{3ak-\theta_M^2}$ | — | $\frac{b\theta_M(\overline{D}-kc)}{3abk-b\theta_M^2-a\theta_R^2}$ |
| $\hat{S}_R^*$ | — | $\frac{\theta_R(\overline{D}-kc)}{3bk-\theta_R^2}$ | $\frac{a\theta_R(\overline{D}-kc)}{3abk-b\theta_M^2-a\theta_R^2}$ |
| $p^*$ | $\frac{a(2\overline{D}+ck)-c\theta_M^2}{3ak-\theta_M^2}$ | $\frac{b(2\overline{D}+kc)-c\theta_R^2}{3bk-\theta_R^2}$ | $\frac{2ab\overline{D}+(abk-b\theta_M^2-a\theta_R^2)c}{3abk-b\theta_M^2-a\theta_R^2}$ |
| $m^*$ | $\frac{a(\overline{D}-ck)}{3ak-\theta_M^2}$ | $\frac{b(\overline{D}-kc)}{3bk-\theta_R^2}$ | $\frac{ab(\overline{D}-kc)}{3abk-b\theta_M^2-a\theta_R^2}$ |
| $Q^*$ | $\frac{ak(\overline{D}-ck)}{3ak-\theta_M^2}$ | $\frac{bk(\overline{D}-kc)}{3bk-\theta_R^2}$ | $\frac{abk(\overline{D}-kc)}{3abk-b\theta_M^2-a\theta_R^2}$ |
| $\hat{\pi}_M^*$ | $\frac{a(2ak-\theta_M^2)(\overline{D}-ck)^2}{2(3ak-\theta_M^2)^2}$ | $\frac{b^2k(\overline{D}-kc)^2}{(3bk-\theta_R^2)^2}$ | $\frac{ab^2(2ak-\theta_M^2)(\overline{D}-kc)^2}{2(3abk-b\theta_M^2-a\theta_R^2)^2}$ |
| $\hat{\pi}_R^*$ | $\frac{a^2k(\overline{D}-ck)^2}{(3ak-\theta_M^2)^2}$ | $\frac{b(2bk-\theta_R^2)(\overline{D}-ck)^2}{2(3bk-\theta_R^2)^2}$ | $\frac{a^2b(2bk-\theta_R^2)(\overline{D}-kc)^2}{2(3abk-b\theta_M^2-a\theta_R^2)^2}$ |
| $\hat{\Pi}_{SC}^*$ | $\frac{a(4ak-\theta_M^2)(\overline{D}-kc)^2}{2(3ak-\theta_M^2)^2}$ | $\frac{b(4bk-\theta_R^2)(\overline{D}-kc)^2}{2(3bk-\theta_R^2)^2}$ | $\frac{ab(4abk-b\theta_M^2-a\theta_R^2)(\overline{D}-kc)^2}{2(3abk-b\theta_M^2-a\theta_R^2)^2}$ |

当进行Stackelberg博弈时，供应商和零售商都愿意提供服务，都提供服务将是他们喜爱的选择. 因此情形1和2将不会是他们的平衡选择，除非只能由一个成员提供服务. 但是，当零售商和供应商进行Nash博弈时，一起提供服务可能并不被他们所喜爱. 只有当 $b \geqslant 2a^2k\theta_R^2/[(3ak-\theta_M^2)\times(ak+\theta_M^2)]$ 和 $a \geqslant 2b^2k\theta_M^2/[(3bk-\theta_R^2)(bk+\theta_R^2)]$ 时，供应商和零售商才愿意都给顾客提供服务；当 $a \geqslant 2b^2k\theta_M^2/[(3bk-\theta_R^2)(bk+\theta_R^2)]$，但是 $b < 2a^2k\theta_R^2/[(3ak-\theta_M^2)(ak+\theta_M^2)]$ 时，供应商希

望零售商和他一起都提供服务,而零售商更愿意让供应商单独提供服务;当 $a<2b^2k\theta_M^2/[(3bk-\theta_R^2)(bk+\theta_R^2)]$ 但是 $b\geqslant 2a^2k\theta_R^2/[(3ak-\theta_M^2)(ak+\theta_M^2)]$ 时,零售商希望供应商和他一起提供服务,而供应商更愿意选择让零售商单独提供服务;当 $a<2b^2k\theta_M^2/[(3bk-\theta_R^2)(bk+\theta_R^2)]$ 和 $b\geqslant 2a^2k\theta_R^2/[(3ak-\theta_M^2)(ak+\theta_M^2)]$,他们都希望让对方来提供服务而不是一起提供服务.

**命题8** 1) $\pi_M^{1*}>\hat{\pi}_M^{1*}$, $\pi_R^{1*}<\hat{\pi}_R^{1*}$ 和 $\Pi_{SC}^{1*}<\hat{\Pi}_{SC}^{1*}$.

2) $\pi_M^{2*}\geqslant\hat{\pi}_M^{2*}$,等号成立当且仅当 $bk=\theta_R^2$. 如果 $bk\geqslant\theta_R^2$,有 $\hat{\pi}_R^{2*}\geqslant\pi_R^{2*}$ 和 $\hat{\Pi}_{SC}^{2*}\geqslant\Pi_{SC}^{2*}$;如果 $bk<\theta_R^2$,有 $\hat{\pi}_R^{2*}<\pi_R^{2*}$ 和 $\hat{\Pi}_{SC}^{2*}<\Pi_{SC}^{2*}$.

3) $\pi_M^{3*}\geqslant\hat{\pi}_M^{3*}$,等号成立当且仅当 $bk=\theta_R^2$. 如果 $bk\geqslant\theta_R^2$,有 $\hat{\pi}_R^{3*}\geqslant\pi_R^{3*}$ 和 $\hat{\Pi}_{SC}^{3*}\geqslant\Pi_{SC}^{3*}$;如果 $bk<\theta_R^2$,有 $\hat{\pi}_R^{3*}<\pi_R^{3*}$ 和 $\hat{\Pi}_{SC}^{3*}<\Pi_{SC}^{3*}$.

**证明** 1) 由表1和2

$$\pi_M^{1*}-\hat{\pi}_M^{1*}=\frac{a(\bar{D}-ck)^2[(3ak-\theta_M^2)^2-(2ak-\theta_M^2)(4ak-\theta_M^2)]}{2(4ak-\theta_M^2)(3ak-\theta_M^2)^2}=\frac{a^3k^2(\bar{D}-ck)^2}{2(4ak-\theta_M^2)(3ak-\theta_M^2)^2}>0$$

$$\hat{\pi}_R^{1*}=\frac{a^2k(\bar{D}-ck)^2}{(3ak-\theta_M^2)^2}>\frac{a^2k(\bar{D}-ck)^2}{(4ak-\theta_M^2)^2}$$

故 $\hat{\pi}_R^{1*}=\pi_R^{1*}$. $\Pi_{SC}^{1*}<\hat{\Pi}_{SC}^{1*}$ 等价于 $(4ak-\theta_M^2)^3-(3ak-\theta_M^2)^2(6ak-\theta_M^2)>0$,可以验证它在假设1的条件下是恒成立的. 类似可得2) 和3).

当只有供应商提供服务时,如果两个成员具有同样的权威,零售商所获得的利润大于他在Stackelberg博弈中作为跟从者所获得的利润. 尽管在Nash博弈下供应商少了一些利润,总的供应链利润因零售商权威的增加而随之增加.

当只有零售商提供服务时,如果两个成员具有同样的权威性,零售商是否使用其权威性将依赖于是否有 $bk\geqslant\theta_R^2$. 如果 $bk\geqslant\theta_R^2$,他就会使用其权威性和供应商进行Nash博弈;反之,他将选择放弃其权威性而愿作Stackelberg跟从者. Nash博弈下的总供应链利润是否大于Stackelberg博弈下的总供应链利润也依赖于是否有 $bk\geqslant\theta_R^2$. 在Nash博弈下,如果 $bk\geqslant\theta_R^2$,零售商利润的增加能够弥补供应商利润的减少;反之,则不能.

当两个成员共同提供服务的情形时,供应商愿意拥有更大的权威性,因为此时他能赚得更多. 但对零售商而言,他只有当 $bk\geqslant\theta_R^2$ 时才愿拥有和供应商同样的权威性而进行Nash博弈. 同情形2类似,只有当 $bk-\theta_R^2>0$ 时,进行Nash博弈才能使整个供应链的利润大于进行Stackelberg时的利润,总之,在情形2和3中零售商在一定的条件下不愿进行Nash博弈. 当 $bk\geqslant\theta_R^2$ 时,零售商提供服务的成本相对较高,他愿意进行Nash博弈;但是当 $bk<\theta_R^2$ 时,他更愿意放弃自己的权威而作为Stackelberg跟从者. 在情形2和3下,当 $bk\geqslant\theta_R^2$ 时,零售商的利润的增加能弥补供应商利润的减少;当 $bk<\theta_R^2$ 时,供应商和零售商都愿意进行Stackelberg博弈.

本文研究了一个供应商和一个零售商构成的供应链,其中有提供给顾客的服务. 文中研究结果表明,当进行Stackelberg博弈时,两个成员都能获得比较多的利润. 当进行Nash博弈时,如果零售商的服务提供成本相对较高($bk\geqslant\theta_R^2$),他偏向于进行Nash博弈;反之,他更愿意放弃自己在供应链中的权威和供应商一起进行Stackelberg博弈. 本文只考虑了供应链中没有竞争时的情形,供应商和零售商怎样在竞争的环境中做决策,将是一个很有意义的研究课题. 可以想象,当整个供应链一体化时,最优的供应链利润将会大于分散式决策时的最优供应链利润. 因此,如何协调这样的供应链是另一个有意义的研究课题. 本文的模型中没有考虑风险,文献[14]采用VaR的风险评价准则对GARCH模型和SV模型进行了比较研究,如何对风险厌恶型的供应商和(或)零售商来进行博弈分析,也是一个很有意义的研究方向.

**参考文献:**

[1] Iyer G. Coordinating channels under price and nonprice competition[J]. Marketing Science, 1998, 17(4): 338—355.
[2] Moorthy K S. Product and price competition in a duopoly[J]. Marketing Science, 1988, 7(2): 141—168.
[3] Tsay A, Aggrawal N. Channel dynamics under price and service competition[J]. Manufacturing & Service Operations Management,

2000, 2(4): 372—391.

[4]Desiraju R, Moorthy S. Managing a distribution channel under asymmetric information with perfomation with performance requirements[J]. Management Science, 1997, 43(12): 1628—1644.

[5]罗 卫，张子刚，欧阳明德．基于一个博弈论方法的简单供应链合作广告模型[J]．系统工程理论与实践，2004，24(2)：31—36.

Luo Wei, Zhang Zigang, Ou Yang Mingde. Co-op advertising models in simple supply chain based on a game theory approach[J]. System Engineering Theory and Practice, 2004, 24(2): 31—36.(in Chinese)

[6]Choi S C. Price competition in a channel structure with a common retailer[J]. Marketing Science, 1991, 10(4): 271—296.

[7]Jeuland A, Shugan S. Managing channel profits[J]. Marketing Science, 1983, 2(3): 239—272.

[8]Sethi S, Yan H, Zhang H. Inventory and Supply Chain Management with Forecast Updates[M]. New York: Springer-Verlag, 2005. 165—221.

[9]McGuire T, Staelin R. An industry equilibrium analysis of downstream vertical integration[J]. Marketing Science, 1983, 2(2): 161—192.

[10]Lee E, Staelin R. Vertical strategic interaction: Implications for channel pricing strategy[J]. Marketing Science, 1997, 16(3): 185—207.

[11]Tirole J. The Theory of Industrial Organization[M]. Boston, MA: MIT Press, 1988. 169—203.

[12]Mussa M, Rosen S. Monopoly and product quality[J]. Journal of Economic Theory, 1978, 18: 301—317.

[13]Ertek G, Griffin P M. Supplier-and buyer-driven channels in a two-stage supply chain[J]. IIE Transactions, 2002, 34(8): 691—700.

[14]常良峰，黄小原，卢 震．两级供应链 Stackelberg 主从对策的优化模型及其应用[J]．管理工程学报，2004，18(1)：12—16.

Chang Liangfeng, Huang Xiaoyuan, Lu Zheng. Stackelberg game optimization model and its application in two-echelon supply chain [J]. Journal of Industrial Engineering/Engineering Management, 2004, 18(1): 12—16.(in Chinese)

[15]余素红，张世英，宋 军．基于 GARCH 模型和 SV 模型的 VaR 比较[J]．管理科学学报，2004，7(5)：61—72.

Yu Suhong, Zhang Shiying, Song Jun. Comparison of VaR based on GARCH and SV models[J]. Journal of Management Science in China, 2004, 7(5): 61—72.(in Chinese)

# Game analysis in a supply chain with service provision

*XU Ming-hui*[1], *YU Gang*[2], *ZHANG Han-qin*[2]

1. School of Mathematics and Statistics, Wuhan University, Wuhan 430072, China;

2. Department of Management Science and Information Systems, The University of Texas Austin, Texas 78712, U.S.A.;

3. Academy of Mathematics and System Sciences, The Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China

**Abstract**: This paper is concerned with a one-supplier-one-retailer supply chain in which the additional service can be offered to its customers by the supplier or the retailer or both of them. We consider three different channel structures based on who provide(s) the customer service. We show that, both the supplier and the retailer can be always benefited no matter who provides service in the Stackelberg game. Given that there is only on member who can provide service, we identify the conditions under which who is willing to provide service. Furthermore, under the Stackelberg game framework, the best strategy is that both the supplier and the retailer provide service. While under the Nash game framework , the retailer is willing to act as a Stackelberg follower under certain condition.

**Key words**: supply chain management; Stackelberg/Nash game; service provision; supplier/retailer